



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 0414444-9 B1



(22) Data do Depósito: 15/09/2004

(45) Data de Concessão: 05/05/2020

(54) Título: APARELHO DE CODIFICAÇÃO, APARELHO DE DECODIFICAÇÃO, MÉTODO DE CODIFICAÇÃO E MÉTODO DE DECODIFICAÇÃO

(51) Int.Cl.: G10L 21/038; G10L 19/02.

(52) CPC: G10L 21/038; G10L 19/02.

(30) Prioridade Unionista: 16/09/2003 JP 2003-323658.

(73) Titular(es): PANASONIC INTELLECTUAL PROPERTY CORPORATION OF AMERICA.

(72) Inventor(es): MASAHIRO OSHIKIRI.

(86) Pedido PCT: PCT JP2004013455 de 15/09/2004

(87) Publicação PCT: WO 2005/027095 de 24/03/2005

(85) Data do Início da Fase Nacional: 16/03/2006

(57) Resumo: "APARELHO DE CODIFICAÇÃO E APARELHO DE DECODIFICAÇÃO". Aparelho de codificação capaz de codificar um espectro em uma baixa taxa de bit e com alta qualidade sem produzir qualquer distúrbio em uma estrutura harmônica do espectro. Neste aparelho, a seção de ajuste de estado interno (106) ajusta um estado interno da seção de filtragem (107) com o uso do primeiro espectro $S1(k)$. A seção de ajuste de coeficiente de passo (109) emite o coeficiente de passo T com a mudança gradual do mesmo. A seção de filtragem (107) calcula o valor avaliado $S39>2(k)$ do segundo espectro $S2(k)$ com base no coeficiente de passo T. A seção de pesquisa (108) calcula o grau de similaridade entre $S2(k)$ e $S39>2(k)$. Neste momento, o coeficiente de passo $T39>$ que corresponde ao grau calculado máximo de similaridade é fornecido à seção de cálculo de coeficiente de filtro (110). A seção de cálculo de coeficiente de filtro (110) determina o coeficiente de filtro $225>\sim i\sim$ com o uso deste coeficiente de passo $T39>$.

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**APARELHO DE CODIFICAÇÃO, APARELHO DE DECODIFICAÇÃO, MÉTODO DE CODIFICAÇÃO E MÉTODO DE DECODIFICAÇÃO**".

Campo Técnico

[0001] A presente invenção se refere a um aparelho de codificação montado em um aparelho de comunicação de rádio ou semelhante para codificar um sinal de voz, um sinal de áudio ou semelhante, e a um aparelho de decodificação para decodificar este sinal codificado.

Técnica Antecedente

[0002] Uma tecnologia de codificação para comprimir um sinal de voz, um sinal de áudio ou semelhante em um sinal de baixa taxa de bit é particularmente importante do ponto de vista de efetivamente usar a capacidade de um percurso de transmissão (capacidade de canal) de ondas de rádio ou semelhantes e um meio de registro em um sistema de comunicação móvel.

[0003] Exemplos de um esquema de codificação de voz para codificar um sinal de voz incluem esquemas como G726, G729 padronizados por ITU-T (Setor de Padronização de Telecomunicação da União de Telecomunicação Internacional). Estes esquemas usam sinais de faixa estreita (300 Hz a 3,4 kHz) como alvos de codificação e podem executar uma codificação de alta qualidade em taxas de bit de 8 kbits/s a 32 kbits/s. Entretanto, uma vez que tal sinal de faixa estreita é tão estreito que sua faixa de frequência é um máximo de 3,4 kHz, a qualidade do mesmo é tal que dá ao usuário a impressão de que um som é amortecido, o que resulta em um problema de ele carecer de um sentido de realismo.

[0004] Ademais, existe também um esquema de codificação de voz que usa sinais de faixa ampla (50 Hz a 7 kHz) como alvos de codificação. Exemplos típicos disto são G722, G722.1 do ITU-T e AMR-WB de 3 GPP (Projeto de Parceira de Terceira Geração). Estes esquemas po-

dem executar a codificação de sinais de voz de faixa ampla em uma taxa de bit de 6,6 bits/s a 64 kbits/s. Entretanto, quando o sinal a ser codificado for voz, embora um sinal de faixa ampla apresente uma qualidade relativamente alta, ele não será suficiente, quando um sinal de áudio for o alvo ou um sinal de voz de qualidade mais alta com um sentido de realismo for exigido.

[0005] Por outro lado, quando uma frequência máxima de um sinal for geralmente da ordem de 10 a 15 kHz, será possível se obter um sentido de realismo equivalente a rádio FM, e quando a frequência máxima for da ordem de até 20 kHz, será possível se obter uma qualidade comparável àquela de CD (disco compacto). Para tal sinal, se mostra adequada a codificação de áudio representada pelo esquema III de camada ou esquema AAC padronizado pelo MPEG (Grupo Especialista de Filme Cinematográfico). Entretanto, estes esquemas de codificação de áudio apresentam uma faixa de frequência ampla de um sinal a ser codificado, o que resulta no aumento problemático da taxa de bit de um sinal codificado.

[0006] Exemplos de tecnologias de codificação convencionais incluem uma tecnologia de codificação de um sinal com uma faixa de frequência ampla em uma baixa taxa de bit (por exemplo, vide o Documento de Patente 1). De acordo com isto, um sinal de entrada é dividido em um sinal de um domínio de baixa frequência e um sinal de um domínio de alta frequência, o espectro do sinal do domínio de alta frequência sendo substituído pelo espectro do sinal do domínio de baixa frequência e codificado, sendo assim reduzida a taxa de bit total.

[0007] As Figuras de 1A a 1D mostram uma visão geral do processamento descrito acima de substituir o espectro do domínio de alta frequência pelo espectro do domínio de baixa frequência. Este processamento se destina originalmente a ser executado em combinação com o processamento de codificação, mas, para fins de simplicidade

de explanação, será explicado, como exemplo, um caso em que o processamento descrito acima é executado em um sinal original.

[0008] A Figura 1A mostra um espectro de um sinal original cuja faixa de frequência é restrita a $0 \leq k < F_H$, a Figura 1B mostra um espectro do sinal restrito a $0 \leq k < F_L$ (onde $F_L < F_H$), a Figura 1C mostra um espectro obtido com a substituição de um domínio de alta frequência (faixa de alta frequência) por um domínio de baixa frequência (faixa de baixa frequência) que usa a tecnologia descrita acima, e a Figura 1D mostra um espectro obtido com a formação do espectro de substituição, de acordo com a informação de invólucro de espectro acerca do espectro substituído. Nestas figuras, o eixo horizontal mostra uma frequência e o eixo vertical mostra a intensidade de um espectro.

[0009] Nesta tecnologia, um espectro do sinal original cuja faixa de frequência é $0 \leq k < F_H$ (Figura 1A) é expresso com o uso de um espectro de baixa frequência cuja faixa de frequência é de $0 \leq k < F_L$ (Figura 1B). Mais especificamente, o espectro de alta frequência ($F_L \leq k < F_H$) é substituído pelo espectro de baixa frequência ($0 \leq k < F_L$). Como resultado deste processamento, é obtido o espectro, conforme mostrado na Figura 1C. Aqui, para fins de simplicidade de explicações, será explicado, como exemplo, um caso com uma relação de $F_L = F_H/2$. De acordo com a informação acerca de um invólucro de espectro do sinal original, é ajustado o valor de amplitude do espectro no domínio de alta frequência do espectro na Figura 1C, sendo obtido o espectro, conforme mostrado na Figura 1D. Este é o espectro que é obtido pela avaliação do sinal original.

[00010] Documento de Patente 1: Publicação Nacional do Pedido de Patente Internacional Nº 2001-521648 (pág. 15, Figura 1, Figura 2)

Descrição da Invenção

Problemas a serem Solucionados pela Invenção

[00011] De modo geral, os espectros, tais como sinal de voz e sinal

de áudio, são conhecidos como apresentando uma estrutura harmônica na qual um pico de espectro aparece em cada múltiplo de número inteiro de uma certa frequência (cada pitch predeterminado). Esta estrutura harmônica é uma informação importante para se manter a qualidade de um sinal de voz, um sinal de áudio ou semelhante e, se ocorrer distúrbios na estrutura harmônica, um ouvinte perceberá a deterioração da qualidade.

[00012] A Figura 2A e a Figura 2B são diagramas que ilustram problemas da tecnologia convencional.

[00013] A Figura 2A é um espectro obtido com a análise do espectro de um sinal de áudio. Como é apreciado a partir desta figura, o sinal original apresenta uma estrutura harmônica apresentando um intervalo T no eixo de frequência. Por outro lado, a Figura 2B mostra um espectro obtido como resultado da avaliação do espectro do sinal original, de acordo com a tecnologia descrita acima. Quando estes dois espectros forem comparados, será observado a partir do espectro mostrado na Figura 2B que a estrutura harmônica é mantida no espectro de baixa frequência $S1$ da fonte de substituição e no espectro de alta frequência $S2$ do destino de substituição, visto que a estrutura harmônica entra em colapso no domínio de conexão (espectro $S3$) entre o espectro de baixa frequência $S1$ e o espectro de alta frequência $S2$.

[00014] Quando este espectro avaliado for convertido em um sinal de tempo e escutado, surgirá o problema de o ouvinte perceber a deterioração na qualidade devido a tais distúrbios da estrutura harmônica. Este distúrbio da estrutura harmônica é causado pelo fato da substituição ter sido executada sem qualquer consideração dada à forma da estrutura harmônica.

[00015] É um objetivo da presente invenção o de prover um aparelho de codificação capaz de codificar um espectro em uma baixa taxa

de bit e com alta qualidade sem a produção de distúrbios na estrutura harmônica do espectro e de prover também um aparelho de decodificação capaz de decodificar este sinal codificado.

Meios para Solucionar o Problema

[00016] O aparelho de codificação da presente invenção adota uma configuração que compreende uma seção de aquisição que adquire um espectro dividido em duas faixas de faixa de baixa frequência e faixa de alta frequência, uma seção de cálculo que calcula um parâmetro que indica o grau de similaridade entre o espectro adquirido da faixa de baixa frequência e o espectro adquirido da faixa de alta frequência com base na estrutura harmônica do espectro, e uma seção de codificação que codifica o parâmetro calculado que indica o grau de similaridade em vez do espectro adquirido da faixa de alta frequência.

[00017] O aparelho de decodificação da presente invenção adota uma configuração que compreende uma seção de aquisição de espectro que adquire o espectro da faixa de baixa frequência fora do espectro dividido em duas faixas de faixa de baixa frequência e faixa de alta frequência, uma seção de aquisição de parâmetro que adquire um parâmetro que indica o grau de similaridade entre o espectro da faixa de baixa frequência e o espectro da faixa de alta frequência, e uma seção de decodificação que decodifica os espectros da faixa de baixa frequência e da faixa de alta frequência com o uso do espectro adquirido da faixa de baixa frequência e do parâmetro.

[00018] O método de codificação da presente invenção compreende uma etapa de aquisição de adquirir um espectro dividido em duas faixas de faixa de baixa frequência e faixa de alta frequência, uma etapa de cálculo de calcular um parâmetro que indica o grau de similaridade entre o espectro adquirido da faixa de baixa frequência e o espectro adquirido da faixa de alta frequência com base em uma estrutura harmônica do espectro, e uma etapa de codificação de codificar o

parâmetro calculado que indica o grau de similaridade em vez do espectro adquirido da faixa de alta frequência.

[00019] O método de decodificação da presente invenção compreende uma etapa de aquisição de espectro de adquirir um espectro de uma faixa de baixa frequência a partir de um espectro dividido em duas faixas de faixa de baixa frequência e faixa de alta frequência, uma etapa de aquisição de parâmetro de adquirir um parâmetro que indica o grau de similaridade entre o espectro da faixa de baixa frequência e o espectro da faixa de alta frequência, e uma etapa de decodificação de decodificar os espectros da faixa de baixa frequência e da faixa de alta frequência com o uso do espectro adquirido da faixa de baixa frequência e do parâmetro.

Efeito Vantajoso da Invenção

[00020] A presente invenção é capaz de executar a codificação de um espectro em uma baixa taxa de bit e com alta qualidade sem qualquer colapso de uma estrutura harmônica do espectro. Além disso, a presente invenção também será capaz de aperfeiçoar a qualidade de som, quando da decodificação deste sinal codificado.

Breve Descrição dos Desenhos

[00021] A Figura 1 é um diagrama que ilustra uma visão geral de um processamento convencional de substituir um espectro de domínio de alta frequência por um espectro de domínio de baixa frequência;

[00022] A Figura 2 é um diagrama que ilustra um problema da tecnologia convencional;

[00023] A Figura 3 é um diagrama de bloco que mostra a configuração principal de um aparelho de transmissão de rádio, de acordo com a Concretização 1;

[00024] A Figura 4 é um diagrama de bloco que mostra a configuração interna de um aparelho de codificação, de acordo com a Concretização 1;

[00025] A Figura 5 é um diagrama de bloco que mostra a configuração interna de uma seção de codificação de espectro, de acordo com a Concretização 1;

[00026] A Figura 6 é um diagrama que ilustra uma visão geral do processamento de filtragem de uma seção de filtragem, de acordo com a Concretização 1;

[00027] A Figura 7 é um diagrama que ilustra como um espectro de um valor avaliado de um segundo espectro muda à medida que o coeficiente de pitch T muda;

[00028] A Figura 8 é um diagrama que ilustra como um espectro de um valor avaliado de um segundo espectro muda à medida que o coeficiente de pitch T muda;

[00029] A Figura 9 é um fluxograma que mostra um exemplo de uma série de algoritmos de processos executados pela seção de filtragem, pela seção de pesquisa e pela seção de ajuste de coeficiente de pitch, de acordo com a Concretização 1;

[00030] A Figura 10 é um diagrama de bloco que mostra a configuração principal de um aparelho de recepção de rádio, de acordo com a Concretização 1;

[00031] A Figura 11 é um diagrama de bloco que mostra a configuração interna de um aparelho de decodificação, de acordo com a Concretização 1;

[00032] A Figura 12 é um diagrama de bloco que mostra a configuração interna de uma seção de decodificação de espectro, de acordo com a Concretização 1;

[00033] A Figura 13 é um diagrama que ilustra um espectro decodificado gerado por uma seção de filtragem, de acordo com a Concretização 1;

[00034] A Figura 14A é um diagrama de bloco que mostra a configuração principal do lado de transmissão, quando o aparelho de codi-

ficação, de acordo com a Concretização 1, for aplicado a um sistema de comunicação provido de fio;

[00035] A Figura 14B é um diagrama de bloco que mostra a configuração principal do lado de recepção, quando o aparelho de decodificação, de acordo com a Concretização 1, for aplicado a um sistema de comunicação provido de fio;

[00036] A Figura 15 é um diagrama de bloco que mostra a configuração principal de uma seção de codificação de espectro, de acordo com a Concretização 2;

[00037] A Figura 16 é um diagrama que ilustra uma visão geral de filtragem que usa um filtro, de acordo com a Concretização 2;

[00038] A Figura 17 é um diagrama de bloco que mostra a configuração principal de uma seção de codificação de espectro, de acordo com a Concretização 3;

[00039] A Figura 18 é um diagrama de bloco que mostra a configuração principal de uma seção de decodificação de espectro, de acordo com a Concretização 4; e

[00040] A Figura 19 é um diagrama de bloco que mostra a configuração principal de uma seção de decodificação de espectro, de acordo com a Concretização 5.

Melhor Modo de se Executar a Invenção

[00041] O inventor focalizou sua atenção nas características, tal como sinal de voz, sinal de áudio ou semelhante (adiante coletivamente denominado de "sinal acústico"), isto é, no fato de um sinal acústico formar uma estrutura harmônica na direção do eixo de frequência, descobriu a possibilidade de executar os espectros de codificação das faixas restantes com o uso de espectros de algumas faixas fora dos espectros de todas as faixas de frequência, e criou a presente invenção.

[00042] Isto é, a essência da presente invenção é a de determinar,

por exemplo, quando da codificação de um espectro de sinal dividido em duas faixas de frequência de domínio de alta frequência e de domínio de baixa frequência, o grau de similaridade entre os espectros tanto do domínio de alta frequência como do domínio de baixa frequência para o espectro do domínio de alta frequência e executar a codificação de um parâmetro indicando este grau de similaridade.

[00043] Com referência aos desenhos anexos, as concretizações da presente invenção serão explicadas abaixo em detalhes.

(Concretização 1)

[00044] A Figura 3 é um diagrama de bloco que mostra a configuração principal do aparelho de transmissão de rádio 130, quando um aparelho de codificação de rádio, de acordo com a Concretização 1 da presente invenção, for montado no lado de transmissão de um sistema de comunicação de rádio.

[00045] Este aparelho de transmissão de rádio 130 inclui o aparelho de codificação 120, o aparelho de entrada 131, o aparelho de conversão do analógico para o digital 132, o aparelho de modulação de radiofrequência 133 e a antena 134.

[00046] O aparelho de entrada 131 converte a onda de som W11 audível ao ouvido humano em um sinal analógico, que é um sinal elétrico, e emite o sinal para o aparelho de conversão do analógico para o digital 132. O aparelho de conversão do analógico para o digital 132 converte este sinal analógico em um sinal digital e emite o sinal digital para o aparelho de codificação 120. O aparelho de codificação 120 codifica o sinal digital de entrada, gera um sinal codificado e emite o sinal codificado para o aparelho de modulação de radiofrequência 133. O aparelho de modulação de radiofrequência 133 modula o sinal codificado, gera um sinal codificado modulado e emite o sinal codificado modulado para a antena 134. A antena 134 transmite o sinal codificado modulado como onda de rádio W12.

[00047] A Figura 4 é um diagrama de bloco que mostra a configuração interna do aparelho de codificação acima descrito 120. Aqui, será explicado, como exemplo, o caso em que a codificação hierárquica (codificação escalonável) é executada.

[00048] O aparelho de codificação 120 inclui um terminal de entrada 121, uma seção de amostragem descendente 122, uma primeira seção de codificação de camada 123, uma primeira seção de decodificação de camada 124, uma seção de amostragem ascendente 125, uma seção de retardo 126, uma seção de codificação de espectro 100, uma seção de multiplexação 127 e um terminal de saída 128.

[00049] Um sinal apresentando uma faixa de frequência efetiva de $0 \leq k < F_H$ é introduzido do aparelho de conversão do analógico para o digital 132 no terminal de entrada 121. A seção de amostragem descendente 122 aplica a amostragem descendente ao sinal introduzido através do terminal de entrada 121, gera um sinal apresentando uma baixa taxa de amostragem e emite o sinal. A primeira seção de codificação de camada 123 codifica este sinal amostrado descendentemente, emite o código obtido para a seção de multiplexação (multiplexador) 127 e também emite o código obtido para a primeira seção de decodificação de camada 124. A primeira seção de decodificação de camada 124 gera um sinal decodificado de uma primeira camada com base no código. A seção de amostragem ascendente 125 aumenta a taxa de amostragem do sinal decodificado da primeira seção de codificação de cama 123.

[00050] Por outro lado, a seção de retardo 126 confere um retardo de uma duração predeterminada ao sinal introduzido através do terminal de entrada 121. A duração deste retardo tem o mesmo valor que o retardo de tempo produzido quando da passagem do sinal através da seção de amostragem descendente 122, da primeira seção de codificação de camada 123, da primeira seção de decodificação de camada

124 e da seção de amostragem ascendente 125. A seção de codificação de espectro 100 executa a codificação do espectro com o uso do sinal emitido da seção de amostragem ascendente 125 como um primeiro sinal e do sinal emitido da seção de retardo 126 como um segundo sinal e emite o código gerado para a seção de multiplexação 127. A seção de multiplexação 127 executa a multiplexação do código obtido da primeira seção de codificação de camada 123 com o código obtido da seção de codificação de espectro 100 e emite o parâmetro multiplexado como um código de saída através do terminal de saída 128. Este código de saída é fornecido ao aparelho de modulação de radiofrequência 133.

[00051] A Figura 5 é um diagrama de bloco que mostra a configuração interna da seção de codificação de espectro descrita acima 100.

[00052] A seção de codificação de espectro 100 inclui terminais de entrada 102, 103, seções de conversão de domínio de frequência 104, 105, seção de ajuste de estado interno 106, seção de filtragem 107, seção de pesquisa 108, seção de ajuste de coeficiente de pitch 109, seção de cálculo de coeficiente de filtro 110 e terminal de saída 111.

[00053] O primeiro sinal é introduzido da seção de amostragem ascendente 125 no terminal de entrada 102. Este primeiro sinal é um sinal que é decodificado pela primeira seção de decodificação de camada 124 com o uso de um parâmetro codificado que é codificado pela primeira seção de codificação de camada 123 e apresenta uma faixa de frequência efetiva de $0 \leq k < FL$. Adicionalmente, o segundo sinal apresentando uma faixa de frequência efetiva de $0 \leq k < FH$ ($FL < FH$) é introduzido da seção de retardo 126 no terminal de saída 103.

[00054] A seção de conversão de domínio de frequência 104 executa a conversão de frequência no primeiro sinal introduzido a partir do terminal de entrada 102 e calcula o primeiro espectro $S_1(k)$. Por outro lado, a seção de conversão de domínio de frequência 105 executa a

conversão de frequência no segundo sinal introduzido a partir do terminal de entrada 103 e calcula o segundo espectro $S_2(k)$. Aqui, o método de conversão de frequência aplica uma transformação Fourier discreta (DFT), uma transformação de cosseno discreta (DCT), uma transformação de cosseno discreta modificada (MDCT), ou semelhante.

[00055] A seção de ajuste de estado interno 106 ajusta o estado interno de um filtro usado na seção de filtragem 107 com o uso do primeiro espectro $S_1(k)$ apresentando uma faixa de frequência efetiva de $0 \leq k < FL$. Este ajuste será novamente explicado mais tarde.

[00056] A seção de ajuste de coeficiente de pitch 109 emite os coeficientes de pitch T para a seção de filtragem 107, um por um, enquanto os muda pouco a pouco dentro de uma faixa de pesquisa predeterminada de T_{\min} a T_{\max} .

[00057] A seção de filtragem 107 executa a filtragem do segundo espectro com base no estado interno do filtro ajustado pela seção de ajuste de estado interno 106 e do coeficiente de pitch T emitido da seção de ajuste de coeficiente de pitch 109 e calcula o valor avaliado $S'_2(k)$ do primeiro espectro. Os detalhes deste processamento de filtragem serão descritos mais tarde.

[00058] A seção de pesquisa 108 calcula um grau de similaridade que é um parâmetro que indica a similaridade entre o segundo espectro $S_2(k)$ emitido da seção de conversão de domínio de frequência 105 e o valor avaliado $S'_2(k)$ do segundo espectro emitido da seção de filtragem 107. Este grau de similaridade será descrito em detalhes mais tarde. O processamento do cálculo deste grau de similaridade é executado cada vez que o coeficiente de pitch T é fornecido da seção de ajuste de coeficiente de pitch 109, e o coeficiente de pitch T' (faixa de T_{\min} a T_{\max}), por meio do qual o grau calculado de similaridade se torna um máximo, é fornecido para a seção de cálculo de coeficiente de filtro

110.

[00059] A seção de cálculo de coeficiente de filtro 110 calcula o coeficiente de filtro β_i com o uso do coeficiente de pitch T' fornecido a partir da seção de pesquisa 108 e emite o coeficiente de filtro através do terminal de saída 111. Neste momento, o coeficiente de pitch T' é também emitido através do terminal de saída 111 de forma simultânea.

[00060] A seguir, serão explicadas em detalhes as operações específicas dos componentes principais da seção de codificação de espectro 100 com o uso de expressões matemáticas abaixo.

[00061] A Figura 6 ilustra uma visão geral do processo de filtragem da seção de filtragem 107.

[00062] Aqui, os espectros de todas as faixas de frequência ($0 \leq k < FH$) são denominados de "S(k)" para fins de conveniência e será usada uma função de filtro expressa pela seguinte equação:

$$P(z) = \frac{1}{1 - \sum_{i=-M}^M \beta_i z^{-T+i}} \quad \dots(\text{Equação 1})$$

[00063] Nesta equação, z indica uma variável de conversão z, T indica um coeficiente fornecido a partir da seção de ajuste de coeficiente de pitch 109 e M=1.

[00064] Conforme mostrado nesta figura, o primeiro espectro S1(k) é armazenado na faixa $0 \leq k < FL$ de S(k) como o estado interno do filtro. Por outro lado, o valor avaliado S'2(k) do segundo espectro obtido a partir do seguinte procedimento é armazenado na faixa $FL \leq k < FH$ de S(k).

[00065] Um espectro expresso pela seguinte equação (2) é substituído em S'2(k) através do processamento de filtragem. O espectro substituído é obtido com o acréscimo de todo o espectro $\beta_i \cdot S(k-T-i)$, obtido com a multiplicação dos espectros próximos ($s(k-T-i)$) separados

por i centralizados no espectro $S(k-T)$ apresentando uma frequência mais baixa do que k por T pelo fator de ponderação predeterminado β_i .

$$S'2(k) = \sum_{i=-1}^1 \beta_i \cdot S(k-T-i) \quad \dots(\text{Equação 2})$$

[00066] Neste momento, o sinal de entrada fornecido para este filtro é zero. Isto é, a Equação 2 expressa uma resposta de entrada zero da Equação 1. O valor avaliado $S'2(k)$ do segundo espectro em $FL \leq k < FH$ é calculado pela execução dos cálculos acima descritos enquanto da mudança de k dentro de uma faixa $FL \leq k < FH$ em ordem ascendente de frequências (de $k=FL$).

[00067] O processamento de filtragem descrito acima é executado dentro da faixa $FL \leq k < FH$ cada vez que o coeficiente de pitch T for fornecido da seção de ajuste de coeficiente de pitch 109 com a redução de $S(k)$ a zero. Isto é, $S(k)$ é calculado cada vez que o coeficiente de pitch T muda e seja emitido para a seção de pesquisa 108.

[00068] A seguir, serão explicados o processamento de cálculo do grau de similaridade executado pela seção de pesquisa 108 e o processamento de derivação do ótimo coeficiente de pitch T .

[00069] Antes de tudo, existem várias definições do grau de similaridade. Aqui, será explicado, como exemplo, um caso em que é usado o grau de similaridade definido pela seguinte equação com base em um método de erro dos mínimos quadrados assumindo-se que os coeficientes de filtro β_{-1} e β_1 são 0.

$$E = \sum_{k=FL}^{FH-1} S2(k)^2 - \frac{\left(\sum_{k=FL}^{FH-1} S2(k) \cdot S'2(k) \right)^2}{\sum_{k=FL}^{FH-1} S'2(k)^2} \quad \dots(\text{Equação 3})$$

[00070] No caso em que é usado este grau de similaridade, o coeficiente de filtro β_i é determinado depois do cálculo do ótimo coeficiente de pitch T . Aqui, E indica um erro dos quadrados entre $S2(k)$ e $S'2(k)$.

Nesta equação, o primeiro termo do lado direito se torna um valor fixo que é irrelevante ao coeficiente de pitch T , sendo, portanto, pesquisado o coeficiente de pitch T para gerar $S^2(k)$ que cria um máximo do segundo termo do lado direito. O segundo termo do lado direito desta equação será denominado de "grau de similaridade".

[00071] As Figuras de 7A a 7E são diagramas que ilustram como o espectro do valor avaliado $S^2(k)$ do segundo espectro muda, à medida que muda o coeficiente de pitch T .

[00072] A Figura 7A é um diagrama que ilustra o primeiro espectro apresentando uma estrutura harmônica armazenada como um estado interno. Adicionalmente, as Figuras de 7B a 7D são diagramas que ilustram os espectros de valores avaliados $S^2(k)$ do segundo espectro calculados com a execução da filtragem usando três tipos de coeficientes de pitch T_0 , T_1 , T_2 . A Figura 7E mostra o segundo espectro $S^2(k)$ a ser comparado com o espectro de valor avaliado $S^2(k)$.

[00073] No exemplo mostrado nesta figura, o espectro mostrado na Figura 7C é similar ao espectro mostrado na Figura 7E, notando-se, portanto, que o grau de similaridade calculado com o uso de T_1 mostra o valor mais alto. Isto é, T_1 é um ótimo valor com coeficiente de pitch T , por meio do que a estrutura harmônica pode ser mantida.

[00074] O domínio das Figuras de 8A a 8E também figura similar àquele das Figuras de 7A a 7E, mas aqui a fase do primeiro espectro armazenado como o estado interno é diferente daquela das Figuras de 7A a 7E. Entretanto, no exemplo mostrado nesta figura, o coeficiente de pitch T , por meio do qual a estrutura harmônica é mantida, é também T_1 .

[00075] Desse modo, a mudança do coeficiente de pitch T e a descoberta de T de um grau máximo de similaridade equivalem à descoberta de um pitch (ou um múltiplo de número inteiro do mesmo) da estrutura harmônica do espectro em uma base de tentativas e erros. O

aparelho de codificação desta concretização calcula o valor avaliado $S^2(k)$ do segundo espectro com base no pitch desta estrutura harmônica, a estrutura harmônica não se rompendo, portanto, na área de conexão entre o primeiro espectro e o espectro avaliado. Isto é facilmente compreensível considerando-se que o valor avaliado $S^2(k)$ da seção de conexão quando $k=FL$ for calculado com base no primeiro espectro separado pelo pitch (ou um número inteiro múltiplo do mesmo) T da estrutura harmônica.

[00076] Além disso, o coeficiente de pitch T expressa um múltiplo de número inteiro (valor de número inteiro) do intervalo de frequência dos dados do espectro. Entretanto, o pitch da estrutura harmônica atual é geralmente um valor de número não-inteiro. Portanto, com a seleção do fator de ponderação apropriado β_i e com a aplicação de uma adição ponderada aos dados vizinhos M centralizados em T , é possível expressar um pitch da estrutura harmônica de um valor de número não-inteiro dentro de uma faixa de $T-M$ a $T+M$.

[00077] A Figura 9 é um fluxograma que mostra um exemplo de uma série de algoritmos de processos executados pela seção de filtragem 107, pela seção de pesquisa 108 e pela seção de ajuste de coeficiente de pitch 109. Uma visão geral destes processos já foi explicada; por isso, explanações detalhadas do fluxo serão omitidas.

[00078] A seguir, será explicado o processamento do cálculo de um coeficiente de filtro pela seção de cálculo de coeficiente de filtro 110.

[00079] A seção de cálculo de coeficiente de filtro 110 determina o coeficiente de filtro β_i que minimiza a distorção dos quadrados E na seguinte equação com o uso de coeficiente de pitch T' fornecido a partir da seção de pesquisa 108.

$$E = \sum_{k=FL}^{FH-1} \left(S^2(k) - \sum_{i=-1}^1 \beta_i S(k - T' - i) \right)^2 \quad \dots(\text{Equação 4})$$

[00080] A seção de cálculo de coeficiente de filtro 110 retém uma combinação de uma pluralidade de $\beta_i(i=1,0,1)$ como uma tabela de dados antecipadamente, determina uma combinação de $\beta_i(i=-1,0,1)$ que minimiza a distorção dos quadrados E da (Equação 4) descrita acima e emite um índice da mesma.

[00081] Desse modo, para o espectro de um sinal de entrada dividido em duas partes de um domínio de baixa frequência ($0 \leq k < FL$) e domínio de alta frequência ($FL \leq k < FH$), o aparelho de codificação desta concretização avalia a forma do espectro de alta frequência com o uso da seção de filtragem 107 que inclui o espectro de baixa frequência como o estado interno, codifica e emite um parâmetro indicando a característica do filtro da seção de filtragem 107 em vez do espectro de alta frequência, sendo então possível executar a codificação, do espectro em uma baixa taxa de bit e com alta qualidade.

[00082] Além disso, na configuração descrita acima, quando a seção de filtragem 107 avaliar a forma do espectro de alta frequência usando o espectro de baixa frequência, a seção de ajuste de coeficiente de pitch 109 mudará a diferença de frequência entre o espectro de baixa frequência que serve como uma referência para avaliação e o espectro de alta frequência, isto é, o coeficiente de pitch T, de várias maneiras, e emitirá a diferença de frequência, e a seção de pesquisa 108 detectará T correspondendo a um grau máximo de similaridade entre o espectro de baixa frequência e o espectro de alta frequência. Por isso, é possível avaliar a forma do espectro de alta frequência com base no pitch da estrutura harmônica de todo o espectro e executar a codificação enquanto é mantida a estrutura harmônica de todo o espectro.

[00083] Além disso, não há qualquer necessidade de se ajustar a largura de faixa do espectro de baixa frequência com base no pitch da estrutura harmônica. Isto é, não é necessário casar a largura de faixa

do espectro de baixa frequência com o pitch da estrutura harmônica (ou um múltiplo de número inteiro do mesmo), sendo possível ajustar arbitrariamente uma largura de faixa. Isto se deve ao fato da configuração acima permitir que os espectros sejam conectados suavemente na seção de conexão entre o espectro de baixa frequência e o espectro de alta frequência sem casar a largura de faixa do espectro de baixa frequência com o pitch da estrutura harmônica.

[00084] Esta concretização explicou, como exemplo, o caso em que $M=1$ na Equação 1, embora M não fique limitado a isto, podendo também ser usado um número inteiro (número natural) de 0 ou maior.

[00085] Ademais, esta concretização explicou o aparelho de codificação que executa a codificação hierárquica (codificação escalonável) como um exemplo, mas a seção de codificação de espectro acima descrita 100 pode também ser montada em um aparelho de codificação que executa a codificação com base em outros esquemas.

[00086] Além disso, esta concretização explicou o caso em que a seção de codificação de espectro 100 inclui as seções de conversão de domínio de frequência 104, 105. Estes serão componentes necessários, quando um sinal de domínio de tempo for usado como um sinal de entrada, mas a seção de conversão de domínio de frequência não é necessária em uma estrutura na qual o espectro é diretamente introduzido na seção de codificação de espectro 100.

[00087] Ademais, esta concretização explicou o caso em que o espectro de alta frequência é codificado com o uso do espectro de baixa frequência, isto é, com o uso do espectro de baixa frequência como uma referência para codificação, embora o método de ajuste do espectro que serve como uma referência não fique limitado a isto, sendo também possível executar a codificação do espectro de baixa frequência com o uso do espectro de alta frequência ou executar a codificação dos espectros de outras regiões com o uso do espectro de uma faixa

de frequência intermediária como uma referência para codificar, embora estes não sejam desejáveis a partir do ponto de vista do uso efetivo de energia.

[00088] A Figura 10 é um diagrama de bloco que mostra a configuração principal do aparelho de recepção de rádio 180 que recebe um sinal transmitido do aparelho de transmissão de rádio 130.

[00089] Este aparelho de recepção de rádio 180 inclui uma antena 181, um aparelho de desmodulação de radiofrequência 182, um aparelho de decodificação 170, um aparelho de conversão do digital para o analógico 183 e o aparelho de saída 184.

[00090] A antena 181 recebe um sinal acústico codificado digital como onda de rádio W12, gera um sinal acústico codificado recebido digital, que é um sinal elétrico, e o supre para o aparelho de desmodulação de radiofrequência 182. O aparelho de desmodulação de radiofrequência 182 desmodula o sinal acústico codificado recebido da antena 181, gera o sinal acústico codificado desmodulado e o supre ao aparelho de decodificação 170.

[00091] O aparelho de decodificação 170 recebe o sinal acústico codificado desmodulado do aparelho de desmodulação de radiofrequência 182, executa o processamento de decodificação, gera um sinal acústico decodificado digital e o supre para o aparelho de conversão do digital para o analógico 183. O aparelho de conversão do digital para o analógico 183 converte o sinal de voz decodificado digital do aparelho de decodificação 170, gera um sinal de voz decodificado analógico e o supre para o aparelho de saída 184. O aparelho de saída 184 converte o sinal de voz decodificado analógico, que é um sinal elétrico, em vibração de ar e o emite como onda de som W13, de modo a ser audível ao ouvido humano.

[00092] A Figura 11 é um diagrama de bloco que mostra a configuração interna do aparelho de decodificação descrito acima 170. Aqui,

será explicado, como exemplo, um caso em que um sinal submetido à codificação hierárquica é decodificado.

[00093] Este aparelho de decodificação 170 inclui um terminal de entrada 171, uma seção de separação 172, uma primeira seção de decodificação de camada 173, uma seção de amostragem ascendente 174, uma seção de decodificação de espectro 150 e terminais de saída 176, 177.

[00094] O aparelho de desmodulação de radiofrequência 182 introduz sinal acústico codificado desmodulado digital ao terminal de entrada 171. A seção de separação 172 separa o sinal acústico codificado desmodulado introduzido através do terminal 171 e gera um código para a primeira seção de decodificação de camada 173 e um código para a seção de decodificação de espectro 150. A primeira seção de decodificação de camada 173 decodifica o sinal decodificado apresentando a faixa de sinal $0 \leq k < FL$ com o uso do código obtido da seção de separação 172 e apresenta este sinal decodificado à seção de amostragem ascendente 174. Além disso, a outra saída é conectada ao terminal de saída 176. Isto permitirá, quando o primeiro sinal decodificado de camada gerado pela primeira seção de decodificação de camada 173 precisar ser emitido, a possível emissão do primeiro sinal decodificado de camada através deste terminal de saída 176.

[00095] A seção de amostragem ascendente 174 aumenta a frequência de amostragem do primeiro sinal decodificado de camada provido da primeira seção de decodificação 173. A seção de decodificação de espectro 150 recebe o código separado pela seção de separação 172 e o primeiro sinal decodificado de camada gerado pela seção de amostragem ascendente 174. A seção de decodificação de espectro 150 executa a decodificação de espectro que será descrita posteriormente, gera um sinal decodificado apresentando uma faixa de sinal $0 \leq k < FH$ e emite o sinal decodificado através do terminal de saída

177. A seção de decodificação de espectro 150 considera o primeiro sinal decodificado de camada amostrada ascendentemente provido da seção de amostragem ascendente 174 como o primeiro sinal e executa o processamento.

[00096] De acordo com esta configuração, quando o primeiro sinal decodificado de camada gerado pela primeira seção de decodificação de camada 173 precisar ser emitido, o primeiro sinal decodificado de camada poderá ser emitido a partir do terminal de saída 176. Adicionalmente, quando um sinal de saída de qualidade mais alta da seção de decodificação de espectro 150 precisar ser emitido, o sinal de saída poderá ser emitido a partir do terminal de saída 177. O aparelho de decodificação 170 emite cada dos sinais emitidos do terminal 176 ou do terminal de saída 177 e supre o sinal para o aparelho de conversão do digital para o analógico 183. Qual o sinal que deve ser emitido depende do ajuste da aplicação ou julgamento do usuário.

[00097] A Figura 12 é um diagrama de bloco que mostra a configuração interna da seção de decodificação de espectro acima descrita 150.

[00098] Esta seção de decodificação de espectro 150 inclui terminais de entrada 152, 153, uma seção de conversão de domínio de frequência 154, uma seção de ajuste de estado interno 155, uma seção de filtragem 156, uma seção de conversão de domínio de tempo 158 e um terminal de saída 159.

[00099] Um coeficiente de filtro que indica um código obtido pela seção de codificação de espectro 100 é introduzido no terminal de entrada 152 através da seção de separação 172. Adicionalmente, um primeiro sinal apresentando uma faixa de frequência efetiva de $0 \leq k < FL$ é introduzido no terminal de entrada 153. Este primeiro sinal é o primeiro sinal decodificado de camada decodificado pela primeira seção de decodificação de camada 173 e amostrada ascendentemente pela

seção de amostragem ascendente 174.

[000100] A seção de conversão de domínio de frequência 154 converte a frequência do sinal de domínio de tempo introduzido do terminal de entrada 153 e calcula o primeiro espectro $S_1(k)$. Como o método de conversão de frequência, é usada uma transformação Fourier discreta (DFT), uma transformação de cosseno discreta (DCT), uma transformação de cosseno discreta modificada (MDCT) ou semelhante.

[000101] A seção de ajuste de estado interno 155 ajusta o estado interno de um filtro usado na seção de filtragem 156 com o uso do primeiro espectro ($S_1(k)$).

[000102] A seção de filtragem 156 executa a filtragem do primeiro espectro com base no estado interno do filtro ajustado pela seção de ajuste de estado interno 155 e no coeficiente de pitch T' e no coeficiente de filtro β providos do terminal de entrada 152 e calcula o valor avaliado $S'_2(k)$ do segundo espectro. Neste caso, a seção de filtragem 156 usa a função de filtro descrita na (Equação 1).

[000103] A seção de conversão de domínio de tempo 158 converte o espectro decodificado $S'(k)$ obtido da seção de filtragem 156 em um sinal de domínio de tempo e emite o espectro decodificado através do terminal de saída 159. Aqui, é executado o processamento, tal como a provisão apropriada de janelas e a adição sobreposta, conforme exigido, para impedir a descontinuação que pode ocorrer entre os quadros.

[000104] A Figura 13 mostra o espectro decodificado $S'(k)$ gerado pela seção de filtragem 156.

[000105] Conforme mostrado nesta figura, o espectro decodificado $S'(k)$ apresentando uma faixa de frequência $0 \leq k < FL$ consiste do primeiro espectro $S_1(k)$ e o espectro decodificado $S'(k)$ apresentando a faixa de frequência $FL \leq k < FH$ consiste do valor avaliado $S'_2(k)$ do segundo espectro.

[000106] Desse modo, o aparelho de decodificação desta concreti-

zação apresenta a configuração correspondente ao método de codificação, de acordo com esta concretização, sendo, portanto, possível decodificar um sinal acústico codificado eficientemente com um número menor de bits e emitir um sinal acústico de alta qualidade.

[000107] Aqui, foi explicado, como exemplo, o caso em que o aparelho de codificação ou o aparelho de decodificação, de acordo com esta concretização, é aplicado a um sistema de comunicação de rádio, embora o aparelho de codificação ou o aparelho de decodificação, de acordo com esta concretização, seja também aplicável a um sistema de comunicação provido de fio, conforme mostrado abaixo.

[000108] A Figura 14A é um diagrama de bloco que mostra a configuração principal do lado de transmissão, quando o aparelho de codificação, de acordo com esta concretização, for aplicado a um sistema de comunicação provido de fio. Os mesmos componentes que aqueles mostrados na Figura 3 recebem os mesmos numerais de referência, sendo omitidas explicações dos mesmos.

[000109] O aparelho de transmissão provido de fio 140 inclui um aparelho de codificação 120, um aparelho de entrada 131 e um aparelho de conversão do analógico para o digital 132, e uma saída do mesmo é conectada à rede N1.

[000110] O terminal de entrada do aparelho de conversão do analógico para o digital 132 é conectado ao terminal de saída do aparelho de entrada 131. O terminal de entrada do aparelho de codificação 120 é conectado ao terminal de saída do aparelho de conversão do analógico para o digital 132. O terminal de saída do aparelho de codificação 120 é conectado à rede N1.

[000111] O aparelho de entrada 131 converte a onda de som W11 audível ao ouvido humano em um sinal analógico que é um sinal elétrico e o supre para o aparelho de conversão do analógico para o digital 132. O aparelho de conversão do analógico para o digital 132 con-

verte o sinal analógico em um sinal digital e supre o sinal digital ao aparelho de codificação 120. O aparelho de codificação 120 codifica o sinal digital introduzido, gera um código e emite o código para a rede N1.

[000112] A Figura 14B é um diagrama de bloco que mostra a configuração principal do lado de recepção, quando o aparelho de decodificação, de acordo com esta concretização, for aplicado a um sistema de comunicação provido de fio. Os mesmos componentes que aqueles mostrados na Figura 10 recebem os mesmos numerais de referência, sendo omitidas explicações dos mesmos.

[000113] O aparelho de recepção provido de fio 190 inclui um aparelho de recepção 191 conectado à rede N1, um aparelho de decodificação 170, um aparelho de conversão do digital para o analógico 183 e um aparelho de saída 184.

[000114] O terminal de entrada do aparelho de recepção 191 é conectado à rede N1. O terminal de entrada do aparelho de decodificação 170 é conectado ao terminal de saída do aparelho de recepção 191. O terminal de entrada do aparelho de conversão do digital para o analógico 183 é conectado ao terminal de saída do aparelho de decodificação 170. O terminal de entrada do aparelho de saída 184 é conectado ao terminal de saída do aparelho de conversão do digital para o analógico 183.

[000115] O aparelho de recepção 191 recebe um sinal acústico codificado digital da rede N1 gera um sinal acústico recebido digital e supre o sinal ao aparelho de decodificação 170. O aparelho de decodificação 170 recebe o sinal acústico recebido do aparelho de recepção 191, executa o processamento de decodificação neste sinal acústico recebido, gera um sinal acústico decodificado digital e o supre para o aparelho de conversão do digital para o analógico 183. O aparelho de conversão do digital para o analógico 183 converte o sinal de voz de-

codificado digital do aparelho de decodificação 170, gera um sinal de voz decodificado analógico e o supre para o aparelho de saída 184. O aparelho de saída 184 converte o sinal acústico decodificado analógico, que é um sinal elétrico, em vibração de ar e o emite como onda de som W13 audível ao ouvido humano.

[000116] Desse modo, de acordo com a configuração descrita acima, é possível prover um aparelho de transmissão/recepção provido de fio apresentando operações e efeitos similares àqueles do aparelho de transmissão/recepção de rádio descrito acima.

(Concretização 2)

[000117] A Figura 15 é um diagrama de bloco que mostra a configuração principal da seção de codificação de espectro 200 em um aparelho de codificação, de acordo com a Concretização 2 da presente invenção. Esta seção de codificação de espectro 200 apresenta uma configuração básica similar àquela da seção de codificação de espectro 100 mostrada na Figura 5 e os mesmos componentes recebem os mesmos numerais de referência, sendo omitidas explanações dos mesmos.

[000118] Uma característica desta concretização é a de simplificar ainda mais uma função de filtro usada na seção de filtragem do que aquela na Concretização 1.

[000119] Para a função de filtro usada na seção de filtragem 201, é usada uma função simplificada, conforme mostrado na seguinte equação:

$$P(z) = \frac{1}{1 - z^{-T}} \quad \dots(\text{Equação 5})$$

[000120] Esta equação corresponde a uma função de filtro que assume $M=0$, $\beta_0=1$ na Equação 1.

[000121] A Figura 16 ilustra uma visão geral da filtragem que usa o filtro descrito acima.

[000122] O valor avaliado $S^2(k)$ de um segundo espectro é obtido com a cópia seqüencial de espectros de baixa frequência separados por T . Além disso, a seção de pesquisa 108 determina um ótimo coeficiente de pitch T' com a busca do coeficiente de pitch T , o que minimiza E da Equação 3, como no caso da Concretização 1. O coeficiente de pitch T' assim obtido é emitido através do terminal de saída 111. Nesta configuração, a característica do filtro é determinada apenas pelo coeficiente de pitch T .

[000123] É notado que o filtro desta concretização é caracterizado por operar de maneira similar a um registro de códigos adaptativo, um dos componentes de um esquema CELP (Prognóstico Linear Excitado por Código) que é uma tecnologia representativa da codificação de voz de baixa velocidade.

[000124] A seguir, será explicada (não mostrada) a seção de decodificação de espectro que decodifica um sinal codificado pela seção de codificação de espectro acima descrita 200.

[000125] Esta seção de decodificação de espectro apresenta uma configuração similar àquela da seção de decodificação de espectro 150 mostrada na Figura 12, sendo, portanto, omitidas explanações detalhadas da mesma, e apresenta as seguintes características. Isto é, quando a seção de filtragem 156 calcular o valor avaliado $S^2(k)$ do segundo espectro, ela usará a função de filtro descrita na Equação 1. É apenas o coeficiente de pitch T' que é provido do terminal de entrada 152. Isto é, é determinada qual função de filtro descrita na Equação 1 ou Equação 5 deve ser usada, dependendo do tipo da função de filtro usado no lado de codificação, sendo usada a mesma função de filtro usada no lado de codificação.

[000126] Desse modo, de acordo com esta concretização, é simplificada ainda mais a função de filtro usada na seção de filtragem, o que resulta na eliminação da necessidade de instalar uma seção de cálculo

de coeficiente de filtro. Por isso, é possível avaliar o segundo espectro (espectro de alta frequência) com uma quantidade menor de cálculo e também reduzir a escala de circuito.

(Concretização 3)

[000127] A Figura 17 é um diagrama de bloco que mostra a configuração principal da seção de codificação de espectro 300 em um aparelho de codificação, de acordo com a Concretização 3 da presente invenção. Esta seção de codificação de espectro 300 apresenta uma configuração básica similar àquela da seção de codificação de espectro 100 mostrada na Figura 5 e os mesmos componentes recebem os mesmos numerais de referência, sendo omitidas explicações dos mesmos.

[000128] Uma característica desta concretização é a de adicionalmente compreender uma seção de cálculo de contorno 301 e uma seção de multiplexação 302 e de executar a codificação da informação de invólucro acerca de um segundo espectro depois da avaliação do segundo espectro.

[000129] A seção de pesquisa 108 emite um ótimo coeficiente de pitch T' para a seção de multiplexação 302 e emite o valor avaliado S'2(k) do segundo espectro gerado com o uso deste coeficiente de pitch T' para a seção de cálculo de contorno 301. A seção de cálculo de contorno 301 calcula a informação de invólucro acerca do segundo espectro S2(k) com base no segundo espectro S2(k) provido da seção de conversão de domínio de frequência 105. Aqui, será explicado, como exemplo, um caso em que esta informação de invólucro é expressa pelo poder do espectro para cada subfaixa, faixa de frequência $FL \leq k < FH$ sendo dividida em subfaixas J. Neste momento, o poder do espectro da j^{ésima} subfaixa é expressa pela seguinte equação:

$$B(j) = \sum_{k=BL(j)}^{BH(j)} S2(k)^2 \quad \dots(\text{Equação 6})$$

[000130] Nesta equação, $BL(j)$ indica uma frequência mínima da $j^{\text{ésima}}$ subfaixa, $BH(j)$ indica uma frequência máxima da $j^{\text{ésima}}$ subfaixa. A informação de subfaixa do segundo espectro assim obtido é considerada como a informação de invólucro de espectro acerca do segundo espectro.

[000131] De maneira similar, a informação de subfaixa $B'(j)$ do valor avaliado $S'^2(k)$ no segundo espectro é calculada de acordo com a seguinte equação:

$$B'(j) = \sum_{k=BL(j)}^{BH(j)} S'^2(k)^2 \quad \dots(\text{Equação 7})$$

e o grau de variação $V(j)$ para cada subfaixa é calculado de acordo com a seguinte equação.

$$V(j) = \sqrt{\frac{B(j)}{B'(j)}} \quad \dots(\text{Equação 8})$$

[000132] Depois, a seção de cálculo de contorno 301 codifica o grau de variação $V(j)$, obtém o grau codificado de variação $V(j)$ e emite o índice do mesmo para a seção de multiplexação 302. A seção de multiplexação 302 executa a multiplexação do ótimo coeficiente de pitch T' obtido da seção de pesquisa 108 e de um índice do grau de variação $V(j)$ emitido da seção de cálculo de contorno 301 e emite o resultado da multiplexação através do terminal de saída 111.

[000133] Dessa forma, esta concretização permite aperfeiçoar a precisão do valor avaliado do espectro de alta frequência, uma vez que a informação de invólucro acerca do espectro de alta frequência é adicionalmente codificada depois da avaliação de um espectro de alta frequência.

(Concretização 4)

[000134] A Figura 18 é um diagrama de bloco que mostra a configuração principal de uma seção de decodificação de espectro 550, de acordo com a Concretização 4 da presente invenção. Esta seção de

decodificação de espectro 550 apresenta uma configuração básica similar àquela da seção de decodificação de espectro 150 mostrada na Figura 12, e, portanto, os mesmos componentes recebem os mesmos numerais de referência, sendo omitidas explicações dos mesmos.

[000135] Uma característica desta concretização é a de adicionalmente compreender uma seção de separação 551, uma seção de decodificação de invólucro de espectro 552 e uma seção de ajuste de espectro 553. Isto permite que a seção de codificação de espectro 300 ou semelhante, mostrada na Concretização 3, execute a decodificação de um código resultante da codificação da informação de invólucro, bem como a codificação de um espectro avaliado de um espectro de alta frequência.

[000136] A seção de separação 551 separa um código introduzido através do terminal de entrada 152, fornece informação acerca de um coeficiente de filtragem para a seção de filtragem 156 e fornece informação acerca de um invólucro de espectro para a seção de decodificação de invólucro de espectro 552.

[000137] A seção de decodificação de invólucro de espectro 552 decodifica o grau de variação $V_q(j)$ obtido pela codificação do grau de variação $V(j)$ da informação de invólucro de espectro fornecida a partir da seção de separação 551.

[000138] A seção de ajuste de espectro 553 multiplica o espectro decodificado $S'(k)$ obtido da seção de filtragem 156 pelo grau decodificado de variação $V_q(j)$ para cada subfaixa obtida da seção de decodificação de invólucro de espectro 552, de acordo com a seguinte equação,

$$S3(k) = S'(k) \cdot V_q(j) \quad (BL(j) \leq k \leq BH(j), \text{ for all } j) \quad \dots(\text{Equação 9})$$

[000139] ajusta uma forma espectral na faixa de frequência $FL \leq k < FH$ do espectro decodificado $S'(k)$ e gera o espectro decodificado ajustado $S3(k)$. Este espectro decodificado ajustado $S3(k)$ é emitido para a seção de conversão de domínio de tempo 158 e convertido em um sinal

de domínio de tempo.

[000140] Desse modo, de acordo com esta concretização, é possível decodificar um código incluindo informação de invólucro.

[000141] Esta concretização explicou o caso em que a informação de invólucro de espectro provida da seção de separação 551 é um valor $V_q(j)$ obtido pela codificação do grau de variação $V(j)$ para cada subfaixa mostrada na Equação 8 como um exemplo, embora a informação de invólucro de espectro não fique limitada a este.

(Concretização 5)

[000142] A Figura 19 é um diagrama de bloco que mostra a configuração principal de uma seção de decodificação de espectro 650 em um aparelho de decodificação, de acordo com a Concretização 5 da presente invenção. Esta seção de decodificação de espectro 650 apresenta uma configuração básica similar àquela da seção de decodificação de espectro 550 mostrada na Figura 18, e, portanto, os mesmos componentes recebem os mesmos numerais de referência, sendo omitidas explanações dos mesmos.

[000143] Uma característica desta concretização é a de adicionalmente compreender uma seção de cálculo de espectro LPC 652, usar um espectro LPC calculado com um coeficiente LPC como a informação de invólucro de espectro, avaliar um segundo espectro, e então multiplicar o segundo espectro pelo espectro LPC para se obter um valor avaliado mais preciso do segundo espectro.

[000144] A seção de cálculo de espectro LPC 652 calcula o espectro LPC $env(k)$ do coeficiente LPC $\alpha(j)$ introduzido através do terminal de entrada 651, de acordo com a seguinte equação:

$$env(k) = \left| \frac{1}{1 - \sum_{j=1}^{NP} \alpha(j) e^{-j \frac{2\pi j k}{FH}}} \right| \quad \dots(\text{Equação 10})$$

[000145] Aqui, NP indica a ordem do coeficiente LPC. Além disso, também é possível calcular o espectro LPC $env(k)$ com o uso da variável $\gamma(0 < \gamma < 1)$ e mudando a característica do espectro LPC.

[000146] Neste caso, o espectro LPC $env(k)$ é expresso pela seguinte equação:

$$env(k) = \left| \frac{1}{1 - \sum_{j=1}^{NP} \alpha(j) \cdot \gamma^j \cdot e^{-j \frac{2\pi j k}{FH}}} \right| \quad \dots(\text{Equação 11})$$

[000147] Aqui, γ pode ser definido como um valor fixo ou pode também assumir um valor que é variável de um quadro para outro. O espectro LPC $env(k)$ assim calculado é emitido para a seção de ajuste de espectro 553.

[000148] A seção de ajuste de espectro 553 multiplica o espectro decodificado $S'(k)$ obtido da seção de filtragem 156 pelo espectro LPC $env(k)$ obtido da seção de cálculo de espectro LPC 652, de acordo com a seguinte equação,

$$S3(k) = S'(k) \cdot env(k) \quad (FL \leq k < FH) \quad \dots(\text{Equação 12})$$

[000149] ajusta o espectro na faixa de frequência $FL \leq k < FH$ do espectro decodificado $S'(k)$ e gera o espectro decodificado ajustado $S3(k)$. Este espectro decodificado ajustado $S3(k)$ é provido para a seção de conversão de domínio de tempo 158 e convertido em um sinal de domínio de tempo.

[000150] Dessa forma, de acordo com esta concretização, com o uso de um espectro LPC como a informação de invólucro de espectro é possível se obter um valor avaliado mais preciso do segundo espectro.

[000151] O aparelho de codificação ou o aparelho de decodificação, de acordo com a presente invenção, pode ser montado em um aparelho terminal de comunicação e aparelho de estação de base em um sistema de comunicação móvel, sendo então possível prover um apa-

relho de terminal de comunicação e aparelho de estação de base apresentando operações e efeitos similares àqueles descritos acima.

[000152] O caso em que a presente invenção é construída por hardware foi explicado como um exemplo até agora, mas a presente invenção poderá também ser implementada por software.

[000153] O presente pedido se baseia no Pedido de Patente Japonês N° 2003-323658, depositado em 16 de setembro de 2003, o conteúdo total do qual é aqui expressamente incorporado para referência.

Aplicabilidade Industrial

[000154] O aparelho de codificação e o aparelho de decodificação, de acordo com a presente invenção, apresentam o efeito de executar a codificação em uma baixa taxa de bit, sendo também aplicáveis a um sistema de comunicação de rádio ou semelhante.

REIVINDICAÇÕES

1. Aparelho de codificação de espectro (120) que codifica um espectro incluindo uma primeira faixa e uma segunda faixa, **caracterizado pelo fato de que** compreende:

uma seção de geração (106, 107, 109) que calcula um espectro estimado da segunda faixa usando informação de pitch indicando um espectro estimado que é gerado usando o espectro da primeira faixa;

uma seção de aquisição (108) que determina a informação de pitch que maximiza uma similaridade entre o espectro estimado da segunda faixa e o espectro da segunda faixa; e

uma seção de codificação (100) que codifica a informação de pitch determinada que maximiza a similaridade, ao invés do espectro da segunda faixa.

2. Aparelho de codificação de espectro (120), de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de que** a seção de aquisição adquire informação sobre o espectro da primeira faixa, sendo a informação de forma sobre um espectro similar ao espectro da segunda faixa.

3. Aparelho de codificação de espectro (120), de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de que** a seção de aquisição adquire um parâmetro de filtro relacionado ao espectro estimado da segunda faixa como informação sobre o espectro da primeira faixa.

4. Aparelho de codificação de espectro (120), de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de que:**

a primeira faixa é uma faixa de baixa frequência mais baixa do que um limite predeterminado;

a segunda faixa é uma faixa de alta frequência igual ou maior do que o limite predeterminado;

a seção de geração (106, 107, 109) gera um espectro estimado da faixa de alta frequência com o uso de um filtro que compreende um espectro da faixa de baixa frequência como um estado interno;

a seção de aquisição (108) adquire um parâmetro de filtro que maximiza uma similaridade entre um espectro estimado da faixa de alta frequência e um espectro da faixa de alta frequência; e

a seção de codificação (100) codifica o parâmetro de filtro que maximiza a similaridade, ao invés do espectro da faixa de alta frequência.

5. Aparelho de codificação de espectro (120), de acordo com a reivindicação 4, **caracterizado pelo fato de que** a seção de geração (106, 107, 109) gera o espectro estimado da faixa de alta frequência com o uso do filtro que compreende o espectro da faixa de baixa frequência separado por um número inteiro múltiplo de um pitch da estrutura harmônica do espectro da faixa de alta frequência como o estado interno.

6. Aparelho de codificação de espectro (120), de acordo com a reivindicação 4, **caracterizado pelo fato de que** a seção de codificação (100) também codifica informações de invólucro sobre o espectro da faixa de alta frequência.

7. Aparelho de codificação de espectro (120), de acordo com a reivindicação 4, **caracterizado pelo fato de que** a seção de codificação (100) também codifica a informação sobre uma relação de potência entre o espectro da faixa de baixa frequência e o espectro da faixa de alta frequência.

8. Aparelho de codificação de espectro (120), de acordo com a reivindicação 4, **caracterizado pelo fato de que:**

a seção de geração (106, 107, 109) calcula um valor estimado da faixa de alta frequência com o uso de um candidato a parâ-

metro dentre uma pluralidade de candidatos a parâmetro preparados com antecedência,

a seção de aquisição (108) calcula uma similaridade entre o espectro da faixa de alta frequência e o valor estimado, seleciona um candidato a parâmetro que maximiza a similaridade e adquire informação que especifica o candidato a parâmetro selecionado como o parâmetro de filtro.

9. Aparelho de codificação de espectro (120), de acordo com a reivindicação 4, **caracterizado pelo fato de que:**

a seção de geração (106, 107, 109) executa uma filtragem usando um da pluralidade de candidatos a coeficiente de pitch preparados com antecedência e calcula um valor estimado do espectro da faixa de alta frequência,

a seção de aquisição (108) calcula uma similaridade entre o espectro da faixa de alta frequência e o valor estimado, seleciona um candidato a coeficiente de pitch que maximiza a similaridade e adquire informação que especifica o candidato a coeficiente de pitch selecionado como o parâmetro de filtro.

10. Aparelho de codificação de espectro (120), de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de que** em que a seção de geração (106, 107, 109) calcula o espectro estimado da segunda faixa usando filtragem de pitch com a equação de $P(z)=1/(1-z^{(-T)})$.

11. Aparelho de decodificação (170), compreendendo:

uma seção de aquisição de espectro que adquire um espectro de uma faixa de baixa frequência a partir de um espectro apresentando uma faixa de baixa frequência e uma faixa de alta frequência, **caracterizado pelo fato de que** ainda compreende:

uma seção de aquisição de parâmetro que adquire informação de pitch indicando um espectro estimado que é gerado usando o espectro da faixa de baixa frequência e que maximiza uma similarida-

de entre um espectro da faixa de alta frequência estimado e o espectro da faixa de alta frequência, sendo o espectro estimado da faixa de alta frequência calculado em um aparelho de codificação (120) correspondente; e

uma seção de decodificação (150) que decodifica o espectro da faixa de baixa frequência e o espectro da faixa de alta frequência com o uso do espectro da faixa de baixa frequência e da informação de pitch.

12. Aparelho de decodificação (170), de acordo com a reivindicação 11, **caracterizado pelo fato de que** ainda compreende uma seção de aquisição de informação de invólucro (552) que adquire a informação de invólucro do espectro da faixa de alta frequência,

onde a seção de decodificação (150) executa a decodificação com o uso também da informação de invólucro.

13. Aparelho de decodificação (170), de acordo com a reivindicação 11, **caracterizado pelo fato de que:**

a seção de decodificação (150) compreende uma seção de avaliação que estima o espectro da faixa de alta frequência com o uso de um filtro que compreende o espectro da faixa de baixa frequência como um estado interno e o parâmetro como uma característica do filtro;

o parâmetro compreende um coeficiente de pitch; e

a seção de avaliação executa a filtragem com o uso do coeficiente de pitch e calcula um valor estimado do espectro da faixa de alta frequência.

14. Aparelho de decodificação (170), de acordo com a reivindicação 11, **caracterizado pelo fato de que** a seção de aquisição de parâmetro adquire a informação de pitch que maximiza a similaridade entre um espectro da faixa de alta frequência estimado que é calculado pelo uso de filtragem de pitch definido com a equação de

$P(z)=1/(1-z^{(-T)})$ e o espectro da faixa de alta frequência.

15. Método de codificação para codificação de um espectro incluindo uma primeira faixa e uma segunda faixa **caracterizado pelo fato de que** compreende as etapas de:

calcular um espectro estimado da segunda faixa com o uso de informação de pitch indicando um espectro estimado que é gerado usando o espectro da primeira faixa;

determinar a informação de pitch que maximiza uma similaridade entre o espectro estimado da segunda faixa e o espectro da segunda faixa; e

codificar a informação de pitch determinada que maximiza a similaridade, ao invés do espectro da segunda faixa.

16. Método de codificação, de acordo com a reivindicação 15, **caracterizado pelo fato de que** a etapa de calcular compreende:

calcular o espectro estimado da segunda faixa com o uso de filtragem de pitch definido com a equação de $P(z)=1/(1-z^{(-T)})$.

17. Método de decodificação compreendendo as etapas de:

adquirir um espectro de uma faixa de baixa frequência a partir de um espectro apresentando uma faixa de baixa frequência e uma faixa de alta frequência,

caracterizado pelo fato de que ainda compreende as etapas de:

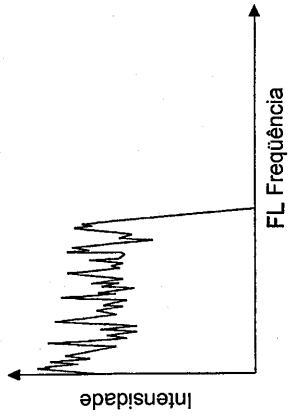
adquirir uma informação de pitch indicando um espectro estimado que é gerado usando o espectro da faixa de baixa frequência e que maximiza uma similaridade entre um espectro estimado da faixa de alta frequência e o espectro da faixa de alta frequência, sendo o espectro estimado da faixa de alta frequência calculado em um aparelho de codificação (120) correspondente; e

decodificar o espectro da faixa de baixa frequência e o espectro da faixa de alta frequência com o uso do espectro da faixa de

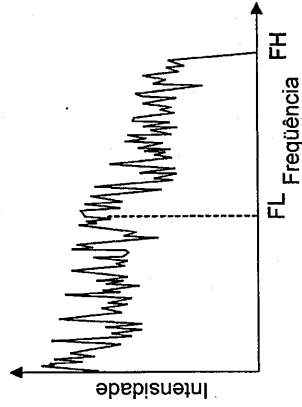
baixa frequência e da informação de pitch.

18. Método de decodificação, de acordo com a reivindicação 17, **caracterizado pelo fato de que** a etapa de adquirir compreende:

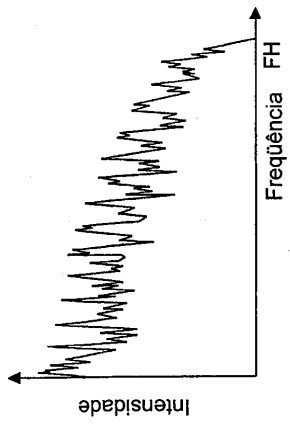
adquirir a informação de pitch que maximiza a similaridade entre um espectro da faixa de alta frequência estimado que é calculado pelo uso de filtragem de pitch definido com a equação de $P(z)=1/(1-z^{-T})$ e o espectro da faixa de alta frequência.



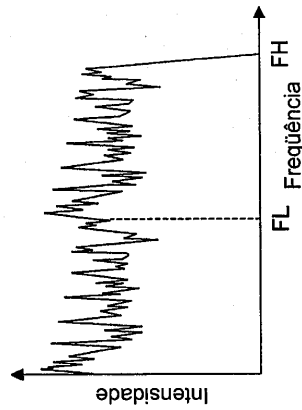
Técnica Anterior
Fig.1B



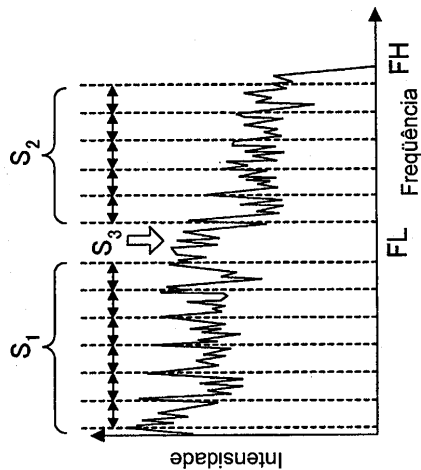
Técnica Anterior
Fig.1D



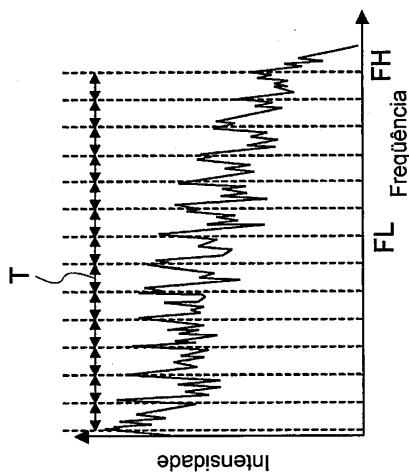
Técnica Anterior
Fig.1A



Técnica Anterior
Fig.1C



Técnica Anterior
Fig. 2B



Técnica Anterior
Fig. 2A

Fig.3

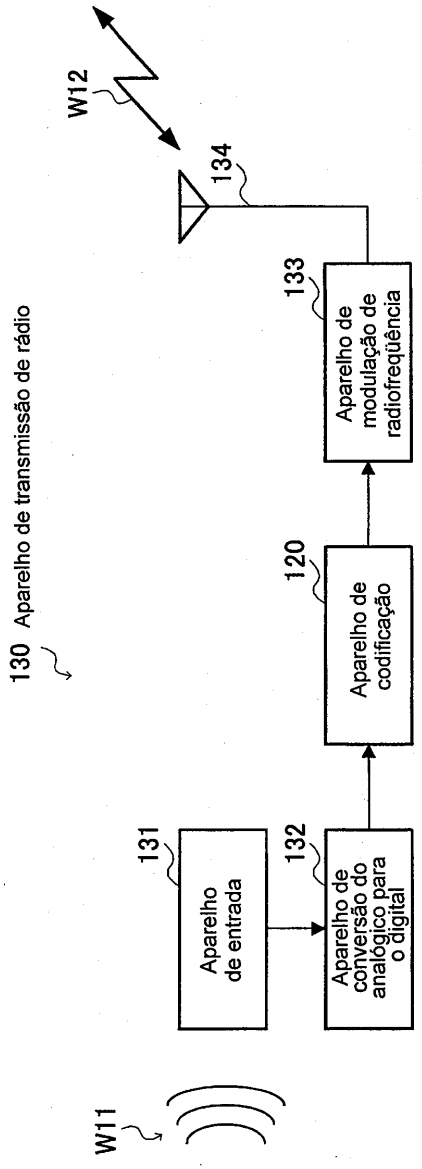


Fig.5

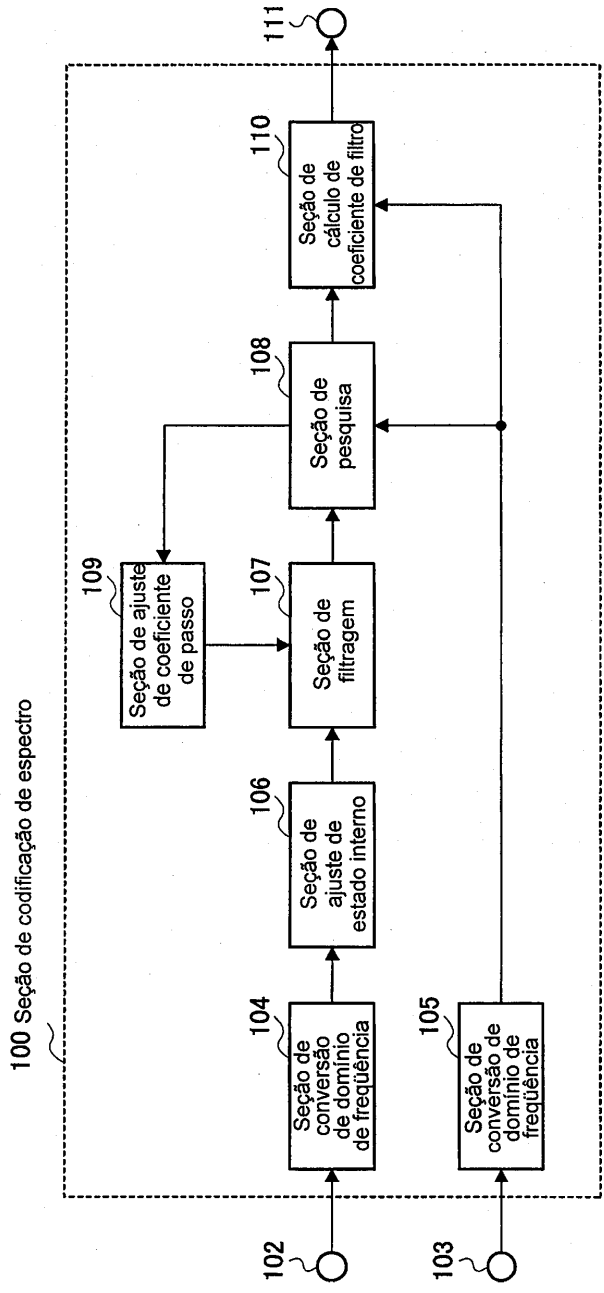
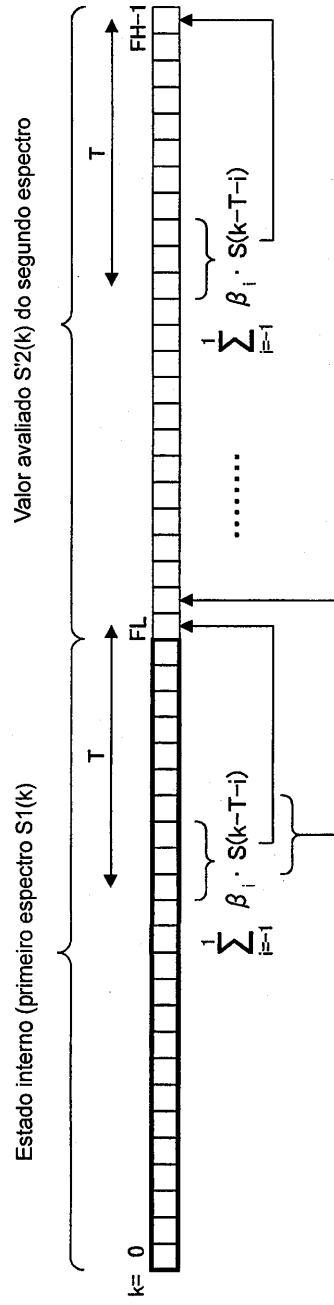
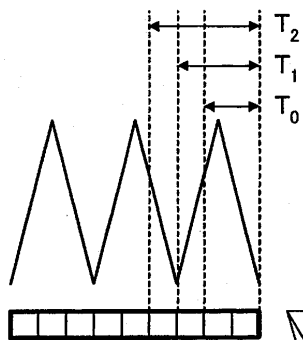


Fig.6



44

Fig. 7A



T_0

T_1

T_2

Fig. 7B



Fig. 7C

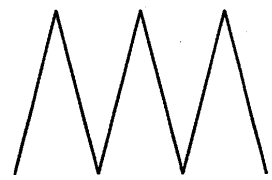


Fig. 7D

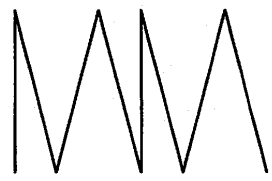


Fig. 7E

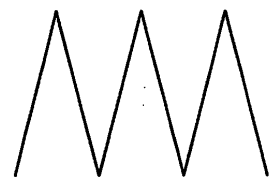


Fig. 8A

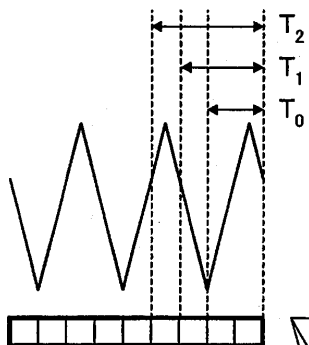


Fig. 8B



Fig. 8C

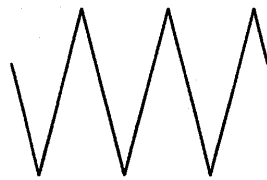


Fig. 8D

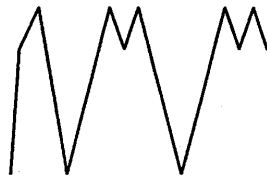


Fig. 8E



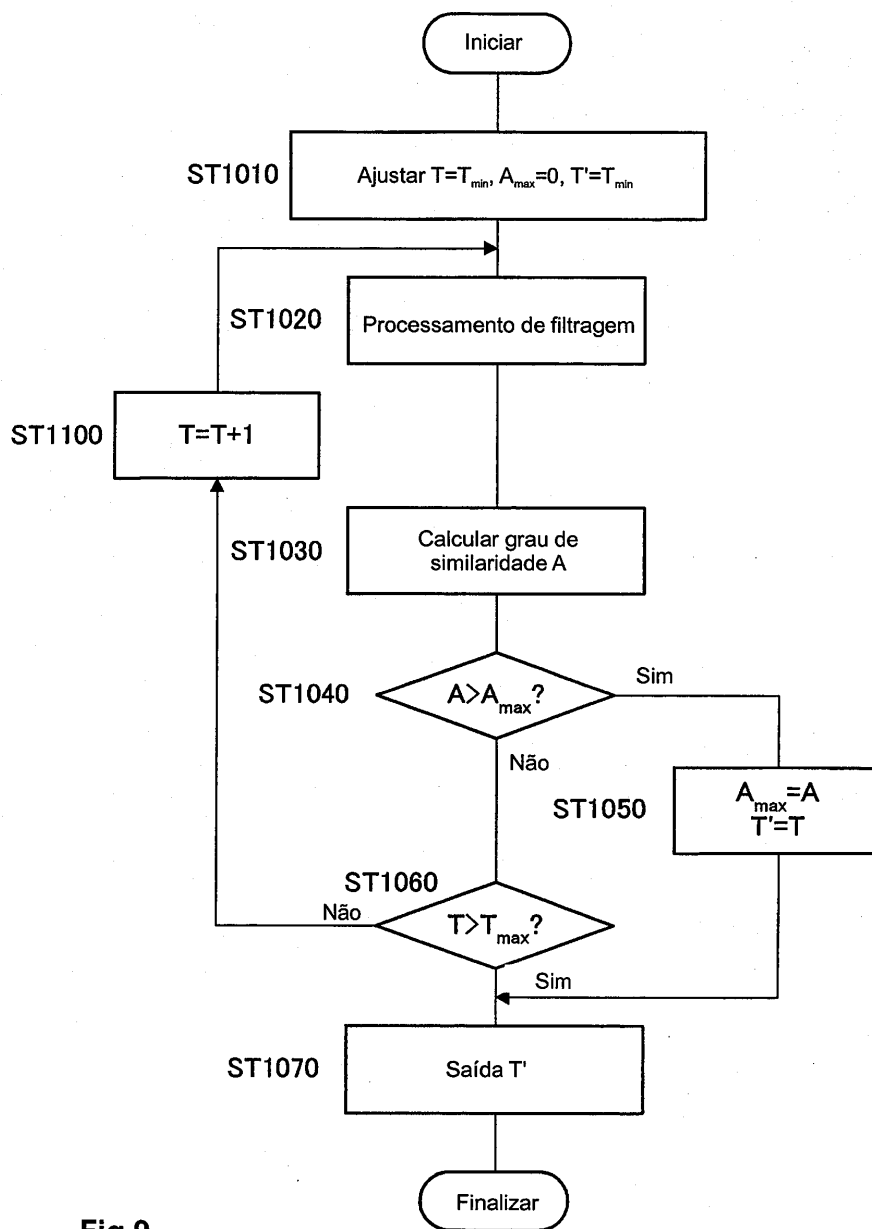


Fig.9

Fig.10

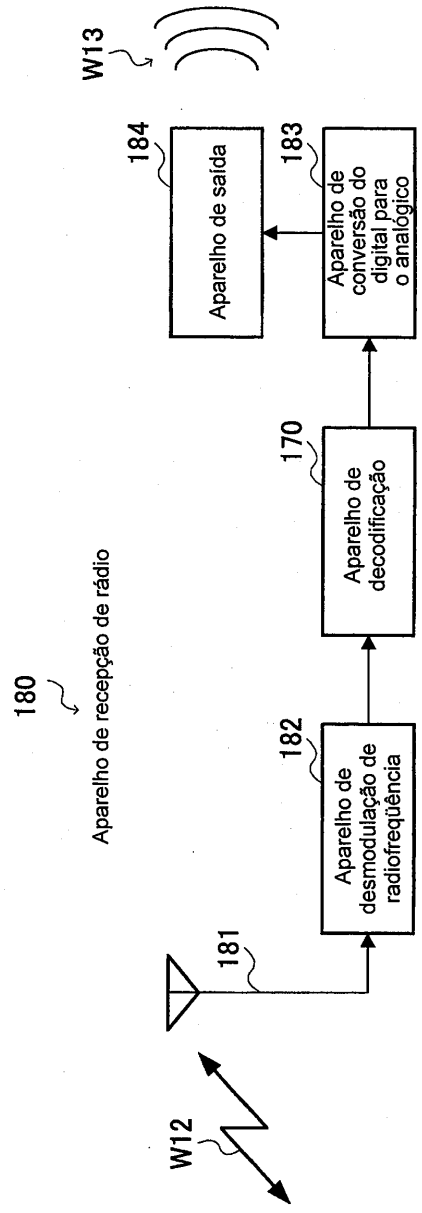


Fig.12

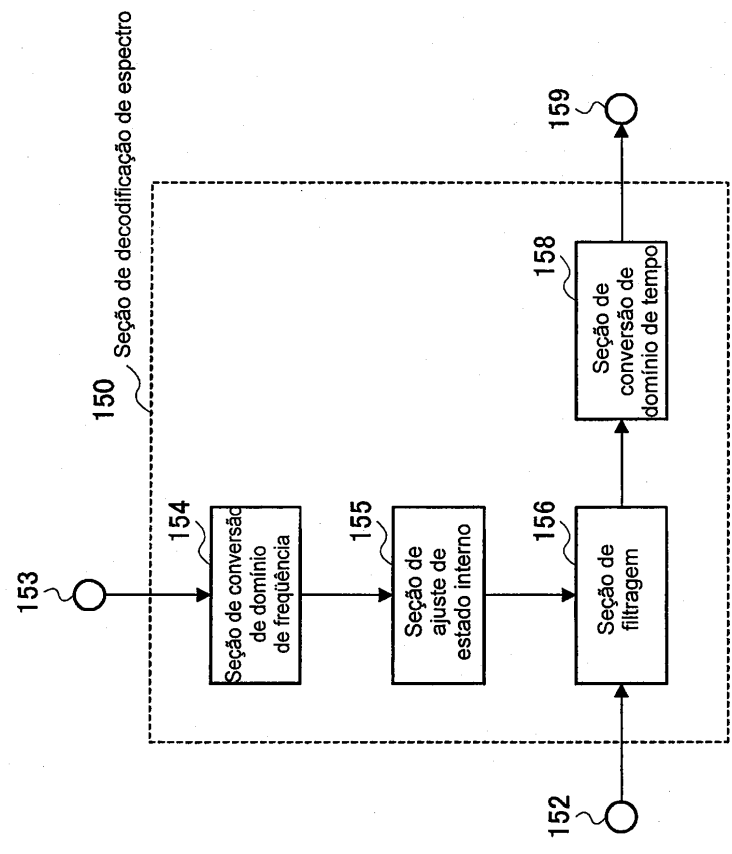


Fig.13

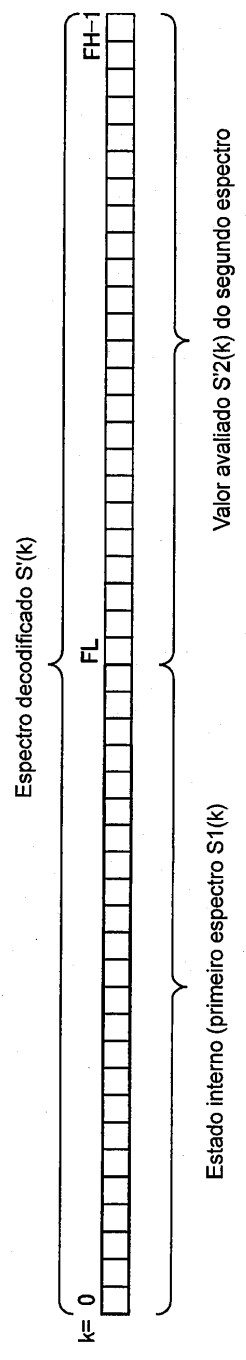


Fig.14A

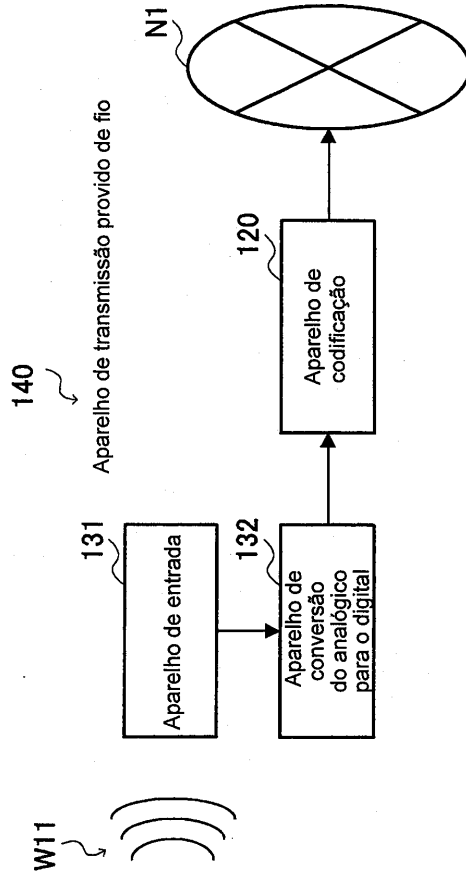


Fig.14B

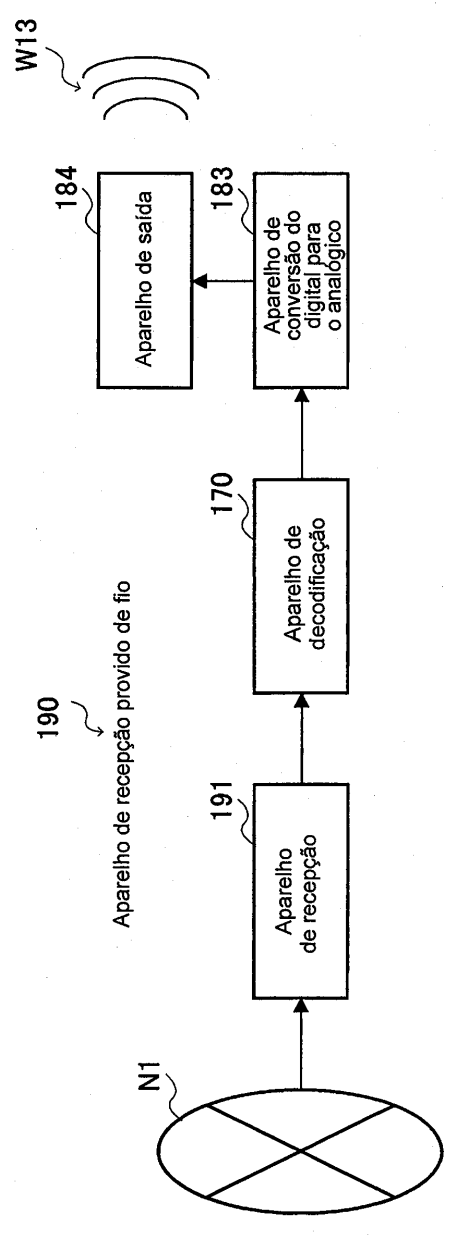


Fig.15

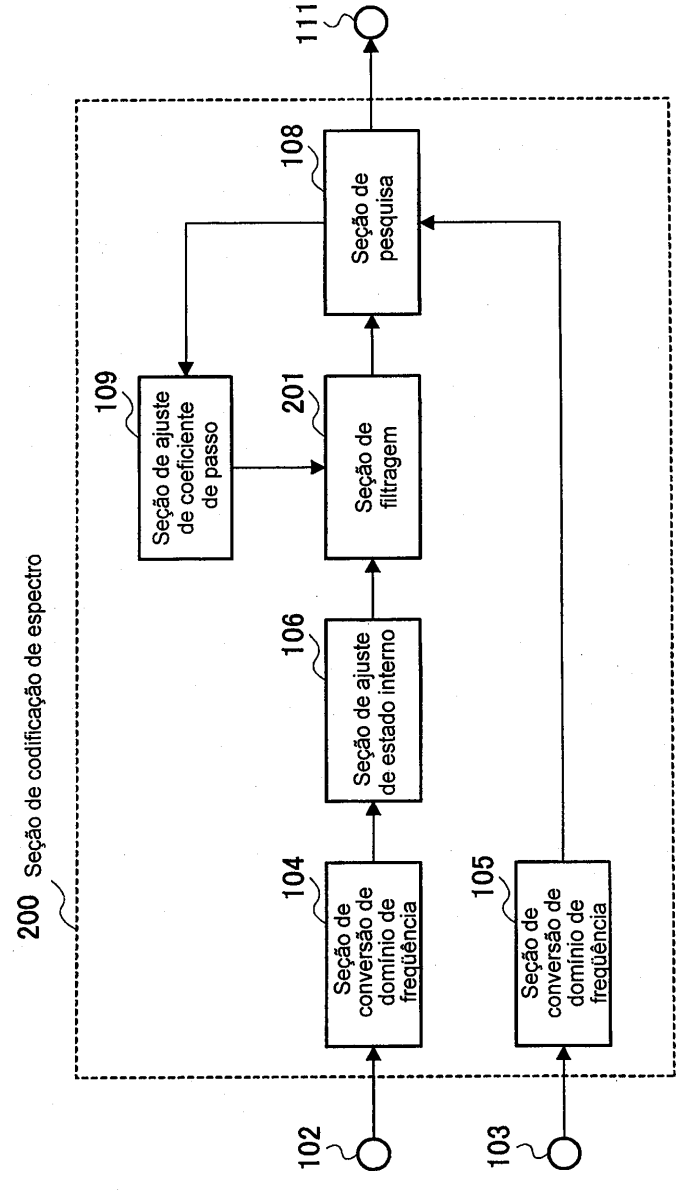


Fig.16

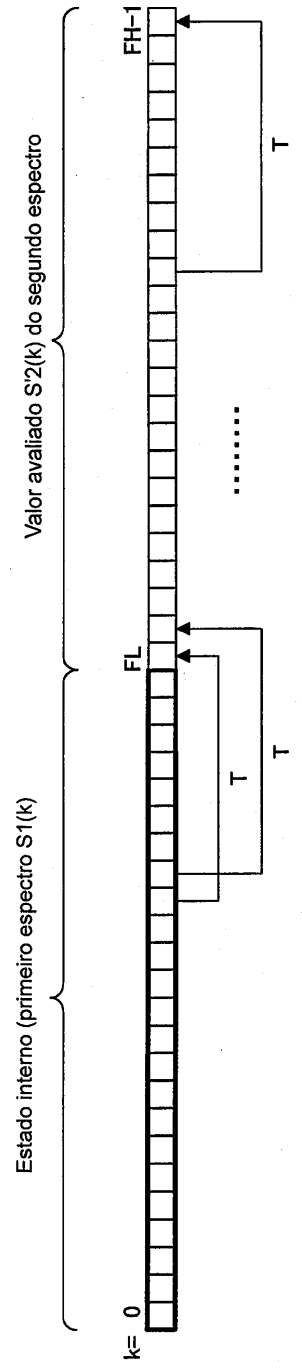
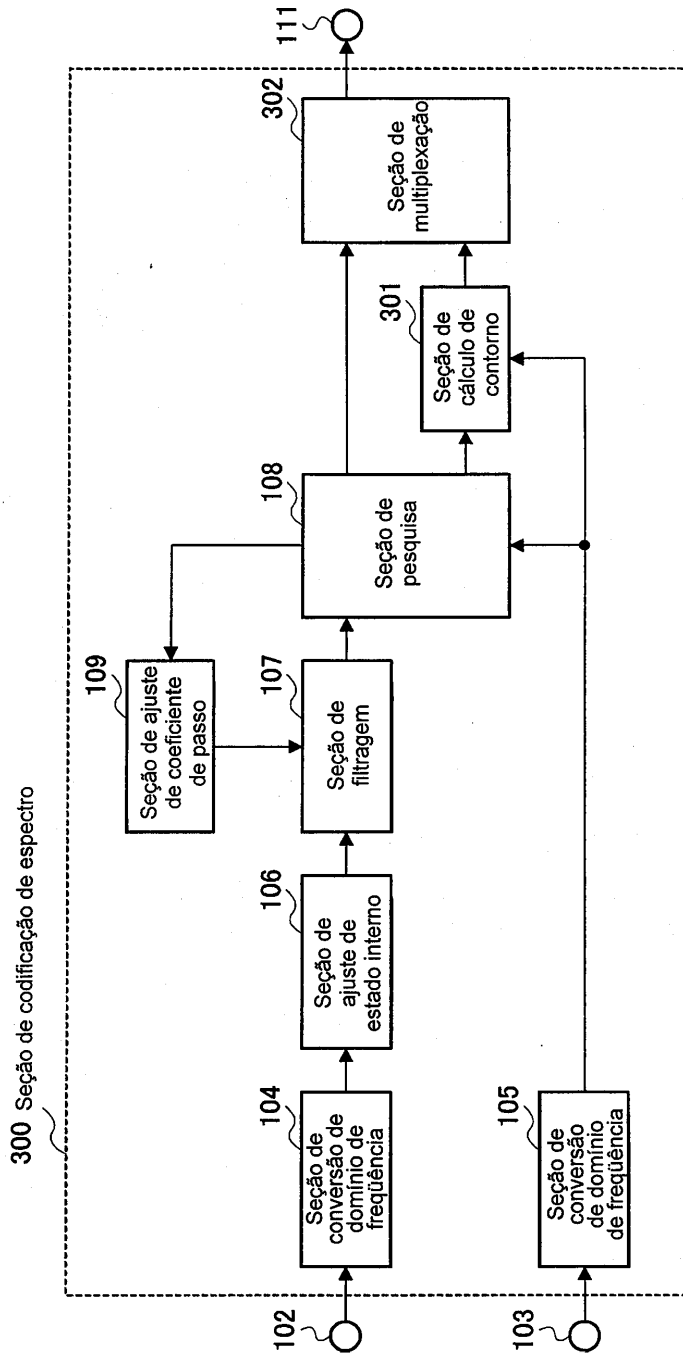




Fig.17



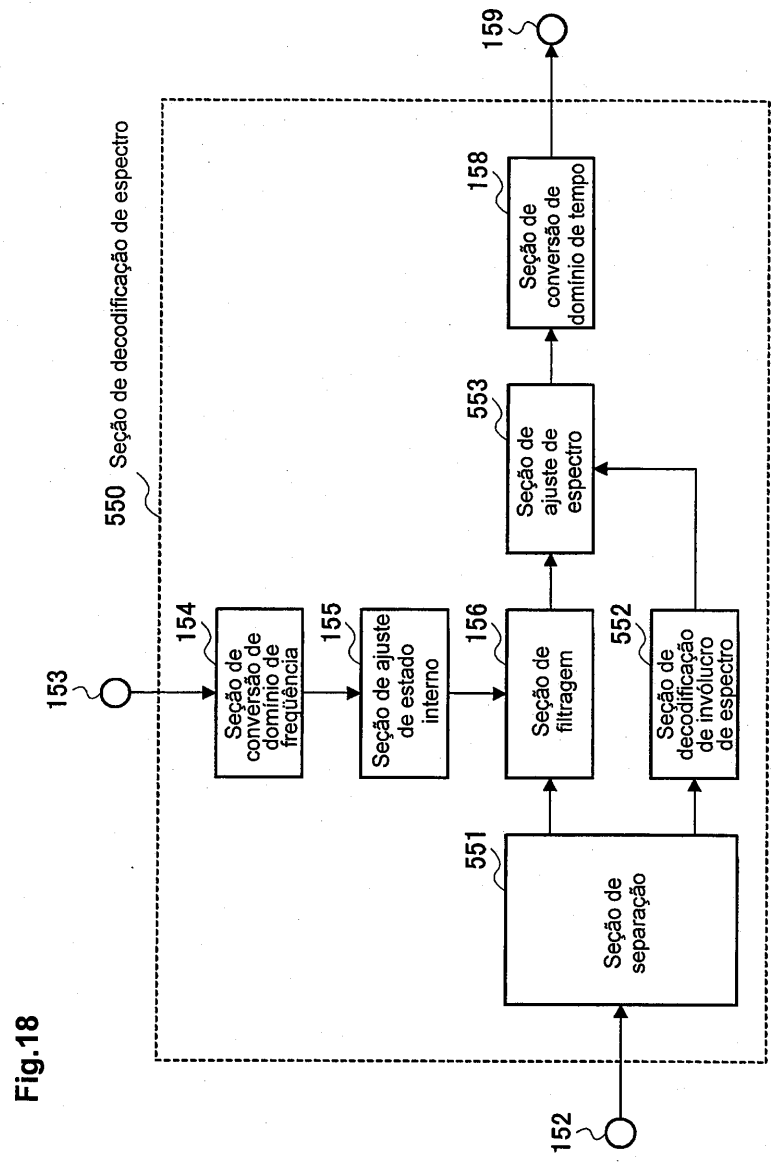
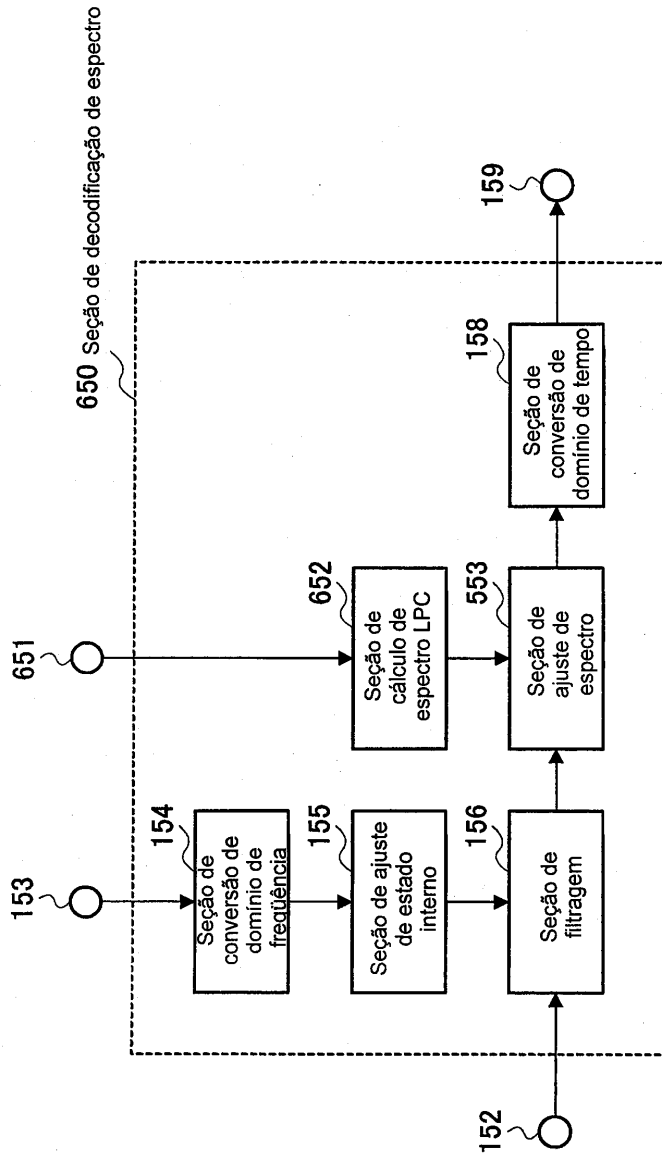


Fig.18

Fig.19



650 Seção de decodificação de espectro